

## ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS DE SEMENTES DE ALGODOEIRO SUBMETIDAS A ESTRESSE SALINO

LEONARDO HENRIQUE GUEDES DE MORAIS LIMA<sup>1</sup>, CARLOS HENRIQUE SALVINO GADELHA MENESES<sup>2</sup>, MARLEIDE MAGALHÃES DE ANDRADE LIMA<sup>3</sup>, WALTER ESFRAIN PEREIRA<sup>4</sup>, PEDRO DANTAS FERNANDES<sup>5</sup>, RISELANE DE LUCENA ALCÂNTARA BRUNO<sup>6</sup>, MARCIA SOARES VIDAL<sup>7</sup>

Resumo: Considerando-se que a germinação de sementes e a emergência de plântulas são, geralmente, retardadas e reduzidas pela salinidade, realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar o efeito do estresse salino na fase de germinação de quatro cultivares de algodão (BRS Rubi, BRS Safira, BRS 201 e CNPA 187 8H). Foram testados seis níveis de potenciais osmóticos: 0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa, utilizando-se, respectivamente, água destilada e soluções aquosas de NaCl. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados por meio de testes para análise de sementes, quanto a: germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de parte aérea, comprimento de radícula e relação radícula/parte aérea. Para os testes de germinação e IVG, utilizaram-se 50 sementes por tratamento; para o estudo de comprimento da parte aérea, comprimento da radícula e relação radícula/parte aérea, foram utilizadas 20 sementes por tratamento. Utilizou-se, em ambos os testes, o delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 4 cultivares x 6 potenciais, com quatro repetições. As sementes de cada tratamento foram envolvidas em folhas de papel Germitest umedecidas com a solução de NaCl correspondente ao potencial. O trabalho foi realizado em germinador e a umidade mantida no ponto de saturação. As leituras das variáveis germinação e IVG foram iniciadas quatro dias após a indução do estresse salino. As avaliações foram realizadas diariamente e as sementes germinadas, retiradas e contabilizadas. Para os testes de comprimento, apenas as repetições correspondentes ao potencial 0,0 MPa foram lidas, quatro dias após o início da indução do estresse. As leituras das repetições dos potenciais -0,2 e -0,4 e dos potenciais -0,6, -0,8 e -1,0 MPa foram realizadas, respectivamente, aos 12<sup>o</sup> e 20<sup>o</sup> dias. Para a realização das leituras deste teste, a parte aérea das 20 plantas de cada repetição foi separada da radícula e ambas mensuradas. As análises estatísticas foram efetuadas, utilizando-se os procedimentos GENMOD e GLM do SAS. Para a variável germinação, as cultivares CNPA 187 8H e BRS Safira destacaram-se no potencial -0,8 MPa, com médias de 89% e 81%, respectivamente. Observou-se que o aumento do potencial salino reduziu a porcentagem do IVG. Para cada dia de avaliação, verificou-se que o aumento do potencial salino provoca uma redução do comprimento da parte aérea e da radícula. A radícula tende a crescer mais que a parte aérea até o potencial -0,4 MPa.

Termos para indexação: *Gossypium hirsutum*, cloreto de sódio, vigor.

<sup>1</sup> Estagiário da Embrapa Algodão. E-mail: leohglm@gmail.com.

<sup>2</sup> Estagiário da Embrapa Agrobiologia. E-mail: chmeneses@gmail.com.

<sup>3</sup> Embrapa Algodão. Rua Osvaldo Cruz, 1143 - Centenário, C.P.174, CEP 58 107-720 - Campina Grande - PB. marleide@cnpa.embrapa.br.

<sup>4</sup> Universidade Federal da Paraíba - CCA - Campus II. E-mail: wep@cca.ufpb.br.

<sup>5</sup> Universidade Federal de Campina Grande. Rua Aprígio Veloso, 882, CEP 58 109-900 - Campina Grande, PB E-mail: pdantas@deag.ufcg.edu.br.

<sup>6</sup> Universidade Federal da Paraíba - CCA - Campus II. E-mail: lane@cca.ufpb.br.

<sup>7</sup> Embrapa Agrobiologia. Rodovia BR 465, km 7, CEP 23890-000, Seropédica, RJ. E-mail marcia@cnpab.embrapa.br

## PHYSIOLOGICAL ATTRIBUTES OF COTTON SEEDS SUBMITTED TO SALT STRESS

Abstract: Considering that the germination of seeds and the emergence of seedlings are usually delayed and reduced the salinity, this work was carried out to evaluate the effect of salinity stress at the stage of germination of four cultivars of cotton (BRS Rubi, BRS Safira, BRS 201 and CNPA 187 8H). Were tested six levels of osmotic potential: 0.0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8 and -1.0 MPa, using, respectively, distilled water and NaCl aqueous solutions. The effects of the treatments were evaluated through tests for analysis of seed, in: germination, germination speed index (GSI), length of shoot, radicle length and shoot/radicle ratio. For the testing of germination and GSI, used 50 seeds for treatment; for the study of length of shoot, radicle length and shoot/radicle ratio, were used 20 seed for treatment. It was used in both tests, the completely randomized design, in factorial 4 cultivars x 6 potential with four repetitions. The seeds of each treatment were involved in papers Germitest humidified with NaCl solution corresponding to the potential. The work was performed in germinator with saturated humidity. The analysis of variables germination and GSI began four days after the induction of saline stress. The evaluations were accomplished daily, and the seeds germinated were removed and counted. For the length tests just repetitions corresponding to the potential 0.0 MPa were analysed 4 days after the beginning of induction of stress. The analysis of the repetitions to potential -0.2 -0.4 and potentials -0.6, -0.8 and -1.0 MPa were accomplished, respectively, to 12 and 20 days. To accomplishment of the analysis of this test, the shoot of the 20 plants of each repetition was separated from radicle and both measured. Statistical analysis were performed using the GENMOD and GLM procedures of the SAS. For variable germination, the cultivars CNPA 187 8H and BRS Safira stood out in the potential -0.8 MPa, with averages of 89% and 81%, respectively. It was observed that the increase in the saline potential reduced the percentage of GSI. For each day of evaluation, it was verified that increasing the salinity causes a reduction of the length both of the shoot and radicle. The radicle tends to grow more than shoot until the potential -0.4 MPa.

Index terms: *Gossypium hirsutum*, sodium chloride, vigour.

## INTRODUÇÃO

A germinação de sementes envolve uma série de acontecimentos metabólicos e morfogenéticos que promovem a transformação de um embrião em uma plântula. Nela estão envolvidos processos seqüenciados e sincronizados, de tal maneira que as reações catabólicas e anabólicas são simultâneas (CASTRO et al., 2005).

A água é um fator ambiental de fundamental importância para o processo germinativo, uma vez que a reidratação das sementes é o primeiro passo na germinação; também está envolvida, direta ou indiretamente, em todas as demais etapas do metabolismo subsequente, que resultam no fornecimento de energia e

nutrientes, necessários para a retomada de crescimento do eixo embrionário. A participação do eixo embrionário é decisiva nas reações enzimáticas, na solubilização, no transporte de metabólitos e como reagente na digestão hidrolítica de proteínas, carboidratos e lipídeos do tecido de reserva da semente.

A salinidade é um dos fatores abióticos que afetam a germinação das sementes, devido ao fato de provocar redução do potencial hídrico do solo, o qual somado aos efeitos tóxicos dos sais interferem inicialmente no processo de absorção de água pelas sementes (CAVALCANTE; PEREZ, 1995). Além disso, a concentração total de sais presentes no solo acarreta redução na porcentagem e velocidade de germinação - devido aos efeitos tóxico e

osmótico sobre o embrião (CAMPOS; ASSUNÇÃO, 1990) - e o alto teor de sais no solo, especialmente de cloreto de sódio, pode inibir a germinação, primariamente, em razão do efeito osmótico (FANTI; PEREZ, 1996).

Embora a cultura do algodão seja considerada tolerante, a germinação das sementes e a emergência das plântulas são geralmente retardadas e reduzidas pela salinidade (QADIR; SHAMS, 1997). O aumento dos níveis de NaCl resulta em significativa redução da raiz, da parte aérea e da biomassa da folha e em aumento na relação raiz/parte aérea (MELONI et al., 2001).

Shonjani (2002) testou sementes de quatro espécies de plantas, quanto ao efeito de cinco concentrações salinas (0, 50, 100, 200 mM) e observou que, para o algodão, quanto maior a concentração salina, menor o índice de germinação. Verificou, também, que a germinação foi fortemente inibida nas concentrações 100 e 200 mM, sendo nesta última, inferior a 10%.

Silva (2005), estudando o efeito de seis potenciais salinos (0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa) em sementes de *Platymiscium floribundum*, verificou que a velocidade de germinação sofreu reduções significativas a partir de -0,8 MPa para NaCl. Cavalcante (1995) também observou redução do IVG de sementes de *Leucaena leucocephala* com o aumento da concentração de NaCl no meio germinativo.

Machado Neto et al. (2006) estudaram o efeito da deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos, entre os quais NaCl, em sementes de feijão e observaram que a solução de NaCl determinou nulidade ou valor próximo a zero de germinação no potencial de -1,2 MPa. Lima et al. (2005), testando a qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino, verificou decréscimo na porcentagem de germinação em todas as cultivares, em função do aumento na

concentração salina, sugerindo que a condição de estresse afetou de forma negativa o desenvolvimento de plântulas normais, a viabilidade e o vigor das sementes.

Shonjani (2002) verificou que a diminuição do crescimento da parte aérea foi mais acentuada que a da raiz na concentração salina mais elevada (200 mM). Machado Neto et al. (2006), testando quatro potenciais salinos (0,0; -0,6; -1,2 e -1,8 MPa) em feijão, verificaram que o crescimento do hipocótilo foi reduzido à medida que o potencial salino aumentou. Resultados similares foram encontrados também para plântulas de soja, cujo crescimento foi inibido a partir da concentração de -0,6 MPa (MACHADO NETO et al., 2004). Bayuelo-Jiménez et al. (2002) avaliaram a tolerância de plantas de *Phaseolus* à salinidade e verificaram que o estresse salino inibiu mais o crescimento do hipocótilo que o da radícula; a magnitude da redução foi altamente dependente da espécie e da concentração de NaCl.

Atak (2006), estudando o efeito do NaCl em *Triticale*, verificou que a média do comprimento da raiz variou entre as diferentes concentrações de NaCl, sendo a maior obtida no controle e menor, na concentração mais alta (13,2 dS.m<sup>-1</sup>). Verificou, também, que a elevação dos níveis de NaCl causaram aumento considerável na relação peso seco de raiz/parte aérea.

Estudos realizados com algodão (MELONI et al., 2001), com soja e com alfafa (BERSTEIN; OGATA, 1966; KANT et al., 1994) mostraram que o crescimento da parte aérea foi mais inibido pelo NaCl que o crescimento da raiz.

Sabendo-se da importância econômica do algodoeiro e dos diversos fatores que interferem na germinação de suas sementes, dentre os quais a salinidade, buscou-se neste trabalho avaliar o efeito do estresse salino na fase de germinação em quatro cultivares de algodão, empregando-se diferentes potenciais osmóticos gerados com acréscimo de NaCl.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Sementes do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia, PB e na Embrapa Algodão, Campina Grande, PB.

Foram utilizadas quatro cultivares de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* var. *latifolium*): BRS Rubi, BRS Safira, BRS 201 e CNPA 187 8H, cujas sementes foram fornecidas pelo Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Algodão.

As sementes foram submetidas ao deslignamento químico com ácido sulfúrico (via úmida), segundo recomendações de Chitarra et al. (2002), e, sete dias antes da instalação dos experimentos, receberam tratamento químico com fungicida {n-[(triclorometil)tio]-4-ciclohexeno-1,2-dicarboximida}.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial 4 x 6 (cultivares x potenciais), totalizando 24 tratamentos, cada um com quatro repetições.

O estresse salino foi induzido com o emprego de soluções aquosas de cloreto de sódio (NaCl). As quantidades de NaCl foram calculadas utilizando o programa Computer Program Relative Solute Potential to Solution Composition for Five Solutes, que permitiu a obtenção dos potenciais salinos: -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa. Para a obtenção do potencial 0,0 MPa, utilizou-se água destilada. Cada solução de NaCl foi, posteriormente, autoclavada a 120°C por 20 minutos.

Para a análise das sementes, foram avaliadas as seguintes características: germinação, índice de velocidade de germinação (IVG) - de acordo as normas descritas por Brasil (1992), comprimento da parte aérea, comprimento da radícula e relação radícula/parte aérea.

As folhas de papel Germitest foram pesadas e autoclavadas e, posteriormente, umedecidas com a solução de NaCl correspondente a cada potencial. Para o teste de germinação e do índice de velocidade de germinação, foram utilizadas 50 sementes por repetição, envolvidas em três folhas de papel Germitest. Para o teste de comprimento da parte aérea e da radícula, foram utilizadas 20 sementes envolvidas em duas folhas de papel Germitest.

A quantidade de solução de NaCl utilizada para umedecer os papéis nos potenciais correspondentes foi calculada, utilizando-se a proporção de 1:2,5 (peso do papel Germitest: peso da solução), para padronização da umidade entre os tratamentos.

Os rolos de papéis foram colocados em sacos de plástico de cor preta - com a finalidade de manter a umidade no seu interior constante e eliminar o efeito da luminosidade - e mantidos em um germinador a 25 °C.

As leituras foram realizadas quatro dias após o início da indução do estresse salino. Para o teste de germinação e índice de velocidade de germinação, todos os tratamentos foram observados diariamente e no mesmo horário. As sementes germinadas foram retiradas e contabilizadas. Após o oitavo dia, as sementes que não germinaram foram consideradas como inviáveis.

Para o cálculo do índice de velocidade de germinação (IVG) foi utilizada a seguinte fórmula:

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n} \quad , \text{ sendo:}$$

$G_1, G_2, G_n$  = número de plântulas normais computadas na primeira, segunda e última contagem, respectivamente;

$N_1, N_2, N_n$  = número de dias de semeadura na primeira, segunda e última contagem, respectivamente.

As medições do comprimento da parte aérea e da radícula das plântulas foram realizadas quatro dias após a indução do estresse apenas para as repetições correspondentes ao potencial de 0,0 MPa; as leituras correspondentes aos potenciais -0,2 e -0,4 e aos potenciais -0,6, -0,8 e -1,0 foram realizadas ao 12º e 20º dias, respectivamente. As mensurações foram realizadas apenas nas plântulas normais (KRZYZANOWSKI et al., 1991).

Os dados obtidos para comprimento da radícula, comprimento da parte aérea e relação radícula/parte aérea foram submetidos à análise de variância e as médias das variáveis foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (MORAES; MENEZES, 2003). As demais variáveis como germinação e índice de velocidade de germinação foram submetidas à análise de deviance e as médias das variáveis comparadas pelo teste do qui-quadrado, a 5% de probabilidade (ANDERSSON et al., 2002; BORGES, 2004; VERHOEVEN et al., 2004). A análise de deviance foi realizada de forma seqüencial (tipo I); os dados em porcentagem foram transformados utilizando-se a fórmula:  $p = [\exp(nij)/1 + \exp(nij)]$  (PAULA, 2001).

Os ajustes foram realizados com base no procedimento GENMOD e GLM do sistema estatístico SAS® system/STAT 9.1.1.3 (2006) e as análises estatísticas foram realizadas utilizando esse mesmo software.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, pode-se observar, pelo resumo da análise de variância, que houve efeito significativo a 1% de probabilidade para o teste F para cultivares (C), potenciais osmóticos (P) e interação cultivares x potenciais osmóticos (C x P).

TABELA 1. Resumo da análise de variância das variáveis de germinação e primeira contagem. Campina Grande, PB, 2006.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Qui-quadrado	
		Germinação (%)	IVG (%)
Cultivares (C)	3	262.26*	23.57*
Potenciais (P)	5	321.34*	580.48*
C x P	15	346.91*	56.00*
<i>Deviance</i>		1417.7	697.81

(\*) significativo a 0,01 de probabilidade para o teste F.

A comparação entre as cultivares nos diferentes potenciais osmóticos para a variável germinação mostrou que as cultivares BRS 187 8H e BRS 201 obtiveram significância similar nos potenciais osmóticos 0,0 e -0,2 MPa. A cultivar BRS 201 mostrou-se superior às demais nos potenciais -0,4 e -0,6 MPa, enquanto a BRS Rubi foi a mais afetada pelo potencial -0,4, embora no potencial -0,6 MPa, não tenha diferido estatisticamente da BRS Safira (Figura 1).

A cultivar CNPA 187 8H apresentou melhor performance que as demais para o potencial -0,8 e -1,0 MPa, podendo ser utilizada em estudos de indução de estresse salino. Resultados menos significativos no potencial -0,8 MPa foram observados para as cultivares BRS 201 e BRS Rubi (Figura 1).

Observou-se redução no índice de germinação da semente de algodão das cultivares CNPA 187 8H, BRS Rubi e BRS 201, a partir de -0,2 MPa. Moraes et al. (2005), trabalhando com sementes de feijão em diferentes concentrações de NaCl, encontraram resultados semelhantes. A cultivar BRS Safira, no entanto, no potencial -0,4 MPa apresentou germinação superior à do potencial 0,0 MPa.

Pelos resultados obtidos neste experimento, verificou-se que todas as cultivares apresentaram germinação média acima de 70% nos potenciais -0,8 e -1,0 MPa, com exceção da BRS 201, no primeiro potencial, e da BRS Rubi, no segundo, com 67,5% e 28% de germinação, respectivamente, demonstrando

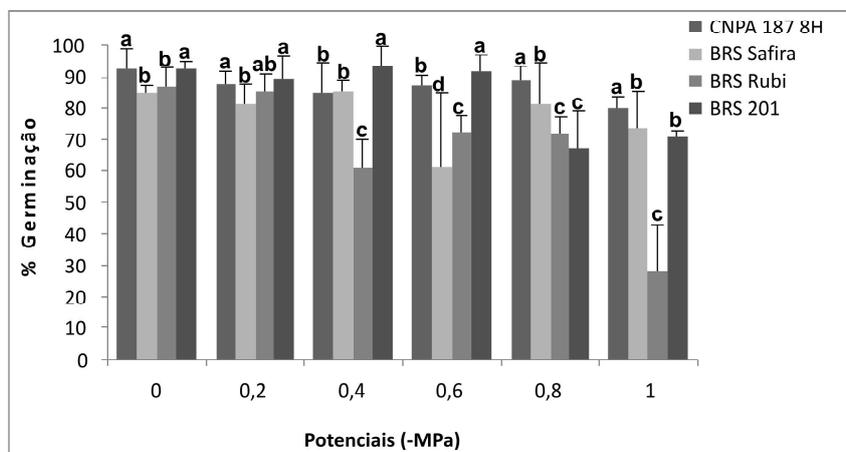


FIG. 1. Valores médios da variável germinação para interação cultivares x potenciais. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de qui-quadrado, a 5% de probabilidade.

uma variação na tolerância à salinidade. Estes resultados diferem dos obtidos por Shonjani (2002) para sementes algodão - cuja germinação foi inferior a 10% na concentração salina mais elevada de 200 mM - e por Machado Neto et al. (2006) - os quais verificaram que a deficiência hídrica induzida por solução de NaCl determinou nulidade ou valor próximo a zero da germinação no potencial -1,2 MPa.

Pela comparação entre as cultivares nos diferentes potenciais osmóticos, observou-se que todas obtiveram significância similar ( $p < 0,05$ ) para os potenciais osmóticos 0,0, -0,2 e -0,6 MPa (Figura 2).

A cultivar BRS Safira mostrou-se altamente significativa em todos os potenciais e, nas concentrações salinas mais elevadas (-0,8 e -1,0 MPa), as médias de IVG obtidas superaram as das outras cultivares (Figura 2).

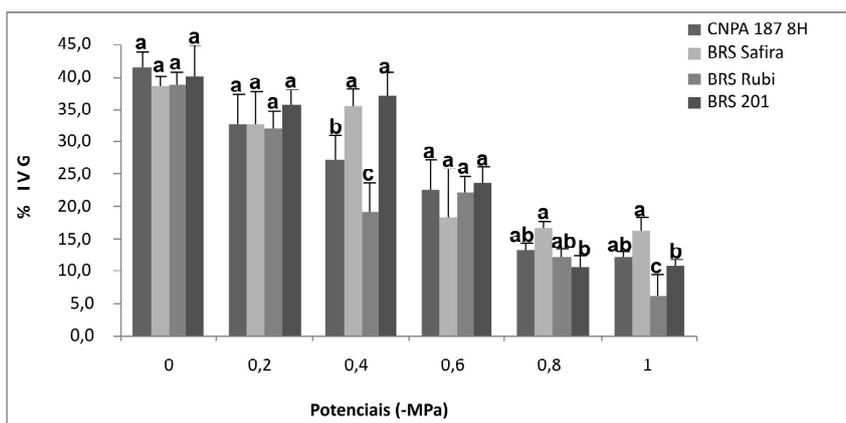


FIG. 2. Valores médios da variável índice de velocidade de germinação para interação cultivares x potenciais. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de qui-quadrado, a 5% de probabilidade.

Verifica-se, na Figura 2, que ocorreu redução linear da média de IVG com o aumento da concentração salina apenas para a cultivar CNPA 187 8H. A média da BRS Safira aumentou somente no potencial -0,4 MPa e a da BRS 201, manteve-se elevada até na maior concentração salina (-1,0MPa). A BRS Rubi não apresentou comportamento linear como a CNPA 187 8H, porque ocorreu aumento da média de IVG no potencial -0,6MPa, mas nos demais (-0,8 e -1,0 MPa) ocorreu decréscimo linear.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Silva (2005) e Cavalcante (1995), mas discordam dos obtidos por Lima et al. (2005) e Bertagnolli et al. (2004) que, avaliando a qualidade fisiológica de sementes de arroz e soja, respectivamente, observaram que o IVG não é influenciado pelo teor de NaCl no meio.

O resumo da análise de variância para as variáveis comprimento da parte aérea, comprimento da radícula e relação radícula/parte aérea está apresentado na Tabela 2.

Na Tabela 3, onde estão apresentados os índices estatísticos relacionados à variável comprimento de parte aérea, observa-se similaridade de significância entre todas as cultivares para o potencial 0,0 MPa.

Na análise realizada após 12 dias do início da indução do estresse salino, pôde-se constatar que a cultivar CNPA 187 8H apresentou as maiores médias de comprimento da parte aérea nos dois potenciais, embora tenha diferido estatisticamente apenas da BRS Rubi, no potencial -0,2 MPa (Tabela 3).

No 20º dia de indução do estresse salino, a cultivar CNPA 187 8H apresentou diferença estatística em relação a BRS Rubi nos três potenciais analisados, destacando-se nos potenciais -0,8 e -1,0 MPa (Tabela 3).

A partir dos dados apresentados ainda, na Tabela 3, observa-se, para as leituras realizadas no 12º dia após iniciado o estresse, que houve uma redução na média do comprimento da parte aérea entre as cultivares estudadas, à medida que o potencial salino aumentou, exceto para a BRS Rubi.

Observando-se as médias apresentadas nas Tabelas 3 e 4 para o potencial salino mais elevado (-1,0 MPa), verifica-se que o crescimento da parte aérea, com exceção do da cultivar BRS 201, foi maior que o da radícula, o que difere dos resultados obtidos por Shojani (2002), Teermaat e Munns (1986) e Meloni et al. (2001). Teermaat e Munns (1986), em substrato salino, o sinal fitohormonal advindo das raízes parece ser o fator decisivo que afeta mais o crescimento da parte aérea que o das raízes.

TABELA 2. Resumo da análise de variância das variáveis comprimento da parte aérea e comprimento da radícula. Campina Grande, PB, 2006.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio		
		Comprimento parte aérea (%)	Comprimento radícula (%)	Relação radícula/parte aérea (%)
Cultivares (C)	3	172.85**	824.64**	9.97**
Potenciais (P)	5	1418.69**	1370.36**	57.31**
C x P	15	22.42**	70.97**	0.61*
Resíduo	72	172.85**	824.64**	9.97**
CV %		33.81	42.93	46.86

(\*) e (\*\*) significativo a 0,05 de probabilidade e significativo a 0,01 de probabilidade, respectivamente, para o teste F.

TABELA 3. Valores médios da variável comprimento de parte aérea para interação cultivares x potenciais.

Dia da análise	Potenciais (-MPa)					
	4º dia após semeadura	12º dia após semeadura		20º dia após semeadura		
	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1
<b>Cultivar</b>	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1
CNPA 187 8H	4,0 a	10,5 a	9,4 a	9,0 a	7,6 a	6,5 a
BRS Safira	4,7 a	9,5 ab	9,1 a	9,4 a	7,2 ab	4,8 b
BRS Rubi	4,3 a	8,7 b	8,7 a	7,5 b	5,8 b	4,9 b
BRS 201	5,3 a	10,2 a	9,1 a	9,9 a	7,5 a	5,8 ab

Em cada coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 4. Valores médios da variável comprimento de radícula (cm) para interação cultivares x potenciais.

Dia da análise	Potenciais (-MPa)					
	4º dia após semeadura	12º dia após semeadura		20º dia após semeadura		
	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1
<b>Cultivar</b>	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1
CNPA 187 8H	8,0 b	11,3 ab	10,8 a	9,0 b	8,2 a	6,4 a
BRS Safira	9,6 b	9,6 b	8,2 b	8,6 b	6,6 ab	4,2 b
BRS Rubi	9,9 b	10,7 ab	9,6 ab	7,4 b	4,8 b	4,2 b
BRS 201	12,2 a	12,3 a	11,4 a	11,5 a	8,5 a	7,2 a

Em cada coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para a variável comprimento da radícula, a cultivar BRS 201 destacou-se em todos os potenciais, inclusive nos diferentes dias da avaliação (Tabela 4).

Pela análise, realizada no 12º dia após o início da indução da salinidade, verificou-se, nos potenciais -0,2 e -0,4 MPa, redução no comprimento da radícula das quatro cultivares com o incremento do potencial salino; esta redução foi mais drástica para a cultivar BRS Safira (9,6 e 8,2 cm, respectivamente).

No 20º dia, foram avaliados os potenciais -0,6, -0,8 e -1,0 MPa e verificou-se que todas as cultivares apresentaram redução na média do comprimento da radícula com o incremento do potencial salino; porém os menores valores para esta variável, nos três potenciais, foram da BRS Rubi, que no potencial -1,0 MPa foi idêntico ao da BRS Safira (4,2 cm) (Tabela 4).

Verificou-se que, para as avaliações realizadas no 12º e 20º dias após iniciado o estresse salino, houve redução no comprimento de radícula quando se compararam as plântulas germinadas em potencial salino mais baixo com aquelas germinadas em potenciais mais elevados (Tabela 4). Esses resultados concordam com os obtidos por Machado et al. (2003) que, estudando o efeito de cinco potenciais hídricos de NaCl (0,0, -0,4, -0,6, -0,8, e -1,0 MPa) na germinação de sementes de soja, verificaram que no potencial -0,4 MPa houve redução do comprimento da radícula em relação ao das sementes que foram incubadas em substrato umedecido apenas com água pura (0,0 MPa); para os potenciais -0,8 e -1,0 MPa houve inibição quase que completa da emissão de radícula. Machado Neto et al. (2006) e Shen (2003) também constataram, respectivamente,

redução no comprimento das raízes de feijão e da radícula de seis espécies de forragem tolerantes à salinidade com o aumento da concentração salina.

Ainda pela Tabela 4, constata-se que os maiores valores médios de comprimento de radícula foram observados em plântulas na concentração -0,2 MPa; no potencial salino mais elevado (-1,0 MPa) obtiveram-se as menores médias de comprimento de radícula para as quatro cultivares. Estes resultados diferem dos obtidos por Atak (2006).

Na Tabela 5, são apresentados os índices estatísticos referentes à relação radícula/parte aérea.

Para a avaliação realizada no 12o dia da indução do estresse salino, foi observada similaridade de significância entre todas as cultivares para os potenciais de -0,2 e -0,4 MPa. Para a cultivar CNPA 187 8H houve um pequeno incremento no valor médio da relação radícula/parte aérea com o aumento da concentração salina, enquanto para a BRS Safira, ocorreu redução; as outras duas cultivares mantiveram a média constante em ambos os potenciais (Tabela 5).

A cultivar BRS 201, nas duas avaliações, a partir do potencial -0,2 MPa, manteve a média da relação radícula/parte aérea constante (1,2 cm), apresentando apenas uma pequena diminuição (1,1cm) no potencial -0,8 MPa (Tabela 5).

No potencial -0,6 MPa, verifica-se uma similaridade de significância entre as quatro cultivares. Com o aumento do potencial salino, de -0,8 para -1,0 MPa, as cultivares BRS Rubi e BRS 201 - diferiram estatisticamente entre si em ambos potenciais - apresentaram pequena elevação na média (Tabela 5). Para Gorham et al (1985), o aumento da relação raiz/parte aérea parece ser uma adaptação à salinidade, resultando em maior eficiência hídrica e de captação de nutrientes sob estresse salino.

Observou-se que, com o aumento do potencial salino, as médias da relação raiz/parte aérea das cultivares testadas não se alteraram sob os diferentes potenciais salinos, o que discorda dos resultados obtidos por Atak (2006); no entanto, quando submetidas às concentrações salinas mais elevadas(-0,8 e -1,0MPa), apresentaram diferenças entre as cultivares (Tabela 5).

TABELA 5. Valores médios da variável relação radícula/parte aérea (cm) para interação cultivares x potenciais.

Dia da análise	Potenciais (-MPa)					
	4º dia após semeadura	12º dia após semeadura			20º dia após semeadura	
Cultivar	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1
CNPA 187 8H	1,9 b	1,1 a	1,2 a	1,0 a	1,1 a	1,0 ab
BRS Safira	1,9 b	1,0 a	0,9 a	0,9 a	0,9 ab	0,8 b
BRS Rubi	2,0 b	1,0 a	1,0 a	0,9 a	0,7 b	0,8 b
BRS 201	2,3 a	1,2 a	1,2 a	1,2 a	1,1 a	1,2 a

Em cada coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÃO

" As cultivares avaliadas apresentaram elevada tolerância ao estresse salino induzido por cloreto de sódio (NaCl);

" Para viabilidade e vigor, a partir do potencial de -0,6 MPa, estudos sob condições de estresse salino podem ser realizados envolvendo as cultivares de algodão herbáceo avaliadas;

" O aumento do potencial salino diminuiu o índice de germinação e da velocidade de germinação (IVG);

" A cultivar CNPA 187 8H destacou-se como a mais tolerante nos níveis mais elevados de estresse salino, no que se refere à viabilidade, enquanto a BRS Rubi apresentou a maior sensibilidade;

" Até o potencial -0,4 MPa, a radícula tende a crescer mais que a parte aérea.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSSON, L.; MILBERG, P.; SCHUTZ, W.; STEINMETZ, O. Germination characteristics and emergence time of annual Bromus species of differing weediness in Sweden. *Weed Research*, Oxford, v. 42, p. 135-147, 2002.
- ATAK, M.; KAYA, M. D.; KAYA, G.; ÇIKILI, Y.; ÇIFTÇI, C. Y. Effects of NaCl on the germination, seedling growth and water uptake of Triticale. *Turkish Journal of Agriculture Forestry*, Ankara, v. 30, p. 39-47, 2006.
- BAYUELO-JIMÉNEZ, J. S, CRAIG, R.; LYNCH J. P. Salinity tolerance of phaseolus species during germination and early seedling growth. *Crop Science*, Madison, v. 42, p.1584 - 1594, 2002.
- BERSTEIN L.; OGATA G. Effects of salinity on nodulation, nitrogen fixation and growth of soybean and alfalfa. *Agronomy Journal*, Madison, 58:201-203, 1966.
- BERTAGNOLLI, C. M.; CUNHA, C. dos S. M.; MENEZES, S. M. de; MORAES, D. M. de; LOPES, N. F.; ABREU, C. M. Qualidade fisiológica e composição química de sementes de soja submetidas ao estresse salino. *Revista brasileira Agrocência*, Pelotas, v. 10, n. 3, p. 287-291, 2004.
- BORGEN, A. Organic seed treatment to control common bunt (*Tilletia tritici*) in wheat. *Seed Testing International*, Switzerland, n. 1, p. 28, 2004.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Departamento de Produção Vegetal, Divisão de Sementes e Mud. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: LANARV/SNAD/MA, 1992, 375 p.
- CAMPOS, I. S.; ASSUNÇÃO, M. U. Efeito do cloreto de sódio na germinação e vigor de plântulas de arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 25, n. 6, p. 837-843, 1990.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. E.; PERES, L. E. P. Germinação, dominância apical e tropismos. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. E.; PERES, L. E. P Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática, Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2005, 650 p.
- CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ, S. C. J. G. de A. Efeitos dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Witt. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. 281-289, 1995.

- CHITARRA, L. G.; MACHADO, J. C.; CHITARRA, G. S.; VIEIRA, M. G. G. C. Efeito do deslincamento químico de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) sobre o nível de ocorrência de *Colletotrichum gossypii* e desenvolvimento do fungo em exudado de sementes deslincadas. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, DF, v. 27, p. 128-133, 2002.
- FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos de estresse hídrico e salino na germinação de *Bauhinia forficata* Link. *Revista Ceres*, Viçosa, MG, v. 43, n. 249, p. 654-662, 1996.
- FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. de A. Efeitos do estresse hídrico, salino e térmico no processo germinativo de sementes de *Adenanthera pavonina* L. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, DF, v. 20, n. 1, p.167-177, 1998.
- GORHAM J.; WYN JONES R. G.; McDONELL, E. Some mechanisms of salt tolerance in crop plants. *Plant and Soil*, The Hague, v. 89, p. 15-40, 1985.
- KANT, M. G.; SILVERBUSCH, M.; LIPS, S. H. Physiological studies on salinity and nitrogen interaction in alfalfa. I. Biomass production and root development. *Journal Plant Nutrition*, New York, v. 17, p. 657-668, 1994.
- KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. Relato dos testes de vigor disponíveis para grandes culturas. *Informativo ABRATES*, Brasília, DF, v. 1, n. 2, p. 15-50, 1991.
- LIMA, M. G. S.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M. de; ABREU, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, DF, v. 27, n. 1, p. 54-61, 2005.
- MACHADO NETO, N. B., CUSTÓDIO, C. C., COSTA, P. R., DONÁ F. L. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na Germinação e vigor de sementes de feijão. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, DF: v. 28, n. 1, p.142-148, 2006.
- MACHADO NETO, N. B.; SATURNINO, S. M.; BOMFIM, D. C.; CUSTÓDIO, C. C. Water stress induced by mannitol and sodium chloride in soybean cultivars. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 47, n. 4, p. 521-529, 2004.
- MACHADO, J. da C.; OLIVEIRA, J. A. de; VIEIRA, M. das G. G. C.; ALVES, M. de C. Controle da germinação de sementes de soja em testes de sanidade pelo uso da restrição hídrica. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, DF, v. 25, n. 2, p. 77-81, 2003.
- MELONI, D. A.; OLIVA M. A.; RUIZ, H. A.; MARTINEZ C. A. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 24, p. 599-612, 2001.
- MORAES, G. A. F. de; MENEZES, N. L. de; PASQUALLI L. L. Comportamento de sementes de feijão sob diferentes potenciais osmóticos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n. 4, p.776-780, 2003.
- PAULA, G. A. Modelos de regressão com apoio computacional. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001, 252 p.
- QADIR, M.; SHAMS, M. Some agronomic and physiological soil texture and salinity of irrigation water: aspects of salt tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, Berlin, v. 179, n. 2, p. 101-106, 1997.
- SHEN, Y. Y.; LI, Y.; YAN, S. G. Effects of salinity on germination of six salt-tolerant forage species and their recovery from saline conditions. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Lahore, v. 46, p. 263-269, 2003.
- SHONJANI, S. Salt sensitivity of rice, maize, sugar beet, and cotton during germination and early vegetative growth. 2002. 164 p. Dissertação (Mestrado) - Institute of Plant Nutrition Justus Liebig University Giessen, Gießen.

SILVA, M. C. C. de. Fenologia, maturação fisiológica e aspectos da germinação de sementes de *Platymiscium floribundum* Vog no parque estadual Alberto Löfgren, instituto florestal, São Paulo - SP, 2005. 126 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

TEERMAAT, A.; MUNNS, R. Use of concentrated macronutrient solutions to separate osmotic from NaCl-specific effects on

plant growth. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v. 13, n. 4, p. 509-522, 1986.

VERHOEVEN, K. J. F.; BIERE, A.; NEVO, E.; DAMME, J. M. M. Can a genetic correlation with seed mass constrain adaptive evolution of seedling desiccation tolerance in wild barley? *International Journal of Plant Science*, Chicago, v. 165, n. 2, p. 281-288, 2004.